

Stabilność posturalna osób płci żeńskiej w wieku 8-22 lat w świetle badań posturograficznych

Postural stability of women at the age of 8-22 on the basis of posturographic examinations

Numer DOI: 10.2478/v10109-010-0057-0

Małgorzata Mraz, Urszula Nowacka, Anna Skrzek, Maciej Mraz,
Agnieszka Dębiec-Bąk, Marta Sidorowska

Wydział Fizjoterapii AWF we Wrocławiu
The Faculty of Physiotherapy, University of Physical Education in Wrocław

Streszczenie:

Kontrola postawy ciała jest przejawem bardzo precyzyjnej koordynacji nerwowo-mięśniowej wszystkich segmentów ciała, dzięki której człowiek utrzymuje równowagę w każdych warunkach. Postawę człowieka charakteryzuje pionowe ustawienie osi ciała względem małej płaszczyzny podparcia, co powoduje niestabilność posturalną. Dlatego stała regulacja postawy ciała przez system kontroli postawy zapewnia jej stabilność. Postawa ciała człowieka oraz jej stabilność ulegają modyfikacji wraz z rozwojem osobniczym, czyli podczas wzrostu, rozwoju, dojrzewania oraz starzenia się. Celem pracy jest ocena stabilności posturalnej dziewcząt w wieku 8-22 lat na podstawie wielkości parametrów posturograficznych. Badania sprawności działania układu równowagi wykonano zestawem pomiarowym – Posturograf firmy Pro-Med. Badanie wykonano z kontrolą wzrokową i po zamknięciu oczu. Analizie poddano wielkość pola powierzchni stabilogramu, wskaźnik oscylacji COP oraz długość stabilogramu. Uzyskano zróżnicowany obraz stabilności postawy ciała w badanych grupach. Wzrost wielkości parametrów posturograficznych zaobserwowano u ośmiolatek, natomiast zmniejszenie u dziewcząt 15-16-letnich oraz 20-22-letnich. Tym samym wykazano istotnie słabszą stabilność postawy ciała w pozycji stojącej 8-letnich dziewczynek. Zbadano również udział płaszczyzny czołowej i strzałkowej w oscylacji COP. Analiza ta wykazała zróżnicowanie wskaźnika WCOP oraz normalizację wychwiał ciała podczas utrzymania równowagi w pozycji stojącej u kobiet 20-22-letnich. Posturograficzna ocena stabilności posturalnej dzieci, młodzieży i osób dorosłych (kobiet) wykazała w tych grupach wieku dynamikę zmian w procesie utrzymywania równowagi w pozycji stojącej.

Słowa kluczowe: stabilność postawy dzieci, młodzieży i osób dorosłych (płeć żeńska), wskaźnik oscylacji COP, posturografia.

Abstract:

Posture control is a manifestation of very precise neuro-muscular coordination of all body segments which allows maintaining of body balance in any conditions. Body posture is characterized by the position of the vertical axis of the body in relation to the fulcrum which causes postural instability. Therefore permanent posture control by means of the posture control system is necessary to maintain stability. Body posture as well as its stability undergo modifications along with individual development, that is during growth, development, puberty and aging. The aim of the study was to evaluate postural stability of women aged 8-22 on the basis of posturographic parameters. The efficiency of the balance system was evaluated with the use of a measuring device – Pro-Med posturograph. The testing was carried out in women aged 8-22, divided into three age groups. The posturographic test was performed with open and closed eyes. The stabilogram surface area, oscillation index COP, as well as the length of the stabilogram were analysed. The achieved image of postural stability was diversified. An increase of posturographic parameters was noticed in 8 years old girls and a decrease in 15-16 years old girls and 20-22 years old women. Thus, significantly poorer postural stability in standing position was observed in the 8 year-olds. The role of the frontal and sagittal plane in COP oscillation was also examined. That analysis revealed diversity of WCOP index and normalisation of body sways while maintaining balance in standing position in 20-22 years old women. The posturographic evaluation of postural stability in children, youths and adults (women) revealed in those age groups the dynamics of changes in the process of maintaining balance while standing.

Key words: postural stability of children, youths and adults (women), oscillation index COP, posturography.

Wprowadzenie

Stabilność postawy – jako zdolność do aktywnego przywrócenia typowej pozycji ciała w przestrzeni przez człowieka, zmienia się z rozwojem osobniczym [1, 2]. Wielosegmentowa

Introduction

Postural stability – as an ability to actively restore a typical body position in space, changes along with individual development [1, 2]. Multi-segmental body composition as well



budowa ciała człowieka, a także istotnie większa jego wysokość w stosunku do pola podstawy sprawiają, że postawa stojąca jest tylko warunkowo stabilna, a jej sprawne zachowanie wymaga ciągłej oraz skutecznej kontroli i koordynacji nerwowo-mięśniowej [3]. Istotną cechą mechanizmu regulacji równowagi ciała jako układu zamkniętego jest zdolność do samoregulacji. Całość procesów przebiega z wykorzystaniem sprzężeń zwrotnych poprzez sprawowanie kontroli nad przebiegiem ruchu i wnoszeniem poprawek stosownie do różnic między stanem pożądanym i faktycznym [4]. System ten bazuje na licznej grupie reakcji wypracowanych w toku rozwoju filogenetycznego, a zdobywanych w ontogenezie podczas procesu uczenia się i zapamiętywania aktów ruchowych [5, 6].

Z badań Era i wsp. wynika, że różnice między osobami należącymi do różnych grup wieku, są wyraźnie zauważalne już wśród osób młodych [7]. Lebedowska i Syczewska zwracają uwagę na poważny wzrost wartości wszystkich miar stabilności wśród dzieci, co związane jest z nie do końca wykształconym mechanizmem równowagi [8]. Jak wynika z badań Błaszczyka, u dzieci 3-7-letnich zauważa się niewielki wpływ wzroku na wielkość paramentów stabilności postawy, co dowodzi braku umiejętności wykorzystania przez dzieci wzroku w procesie utrzymywania równowagi. Koordynacja jest tutaj jeszcze w fazie rozwoju. Ponadto duży rozrzut tych parametrów wskazuje na dynamikę i nierównomierność reakcji układu równowagi [9].

Pomiędzy 15 a 65 rokiem życia zauważa się najmniejszy rozrzut wielkości parametrów charakteryzujących stabilność ciała, a jego zmiany są niewielkie [9]. U osób starszych, u których układ nerwowy ulega stopniowej degradacji [10, 11], obserwuje się poważne pogorszenie stabilności ciała po zamknięciu oczu [10], co potwierdzają liczne badania przeprowadzone w tej grupie osób [2, 11-13]. Utrzymywanie równowagi w pozycji stojącej u osób starszych jest utrudnione również z powodu osłabienia wzroku, osłabionej propriocepcji, mniejszej siły mięśniowej oraz wydłużonego czasu reakcji na bodziec destabilizujący [2, 10]. Konsekwencją tych procesów jest podwyższone ryzyko upadków u osób starszych [2, 14-17].

Wyniki zacytowanych badań oceniających stabilność ciała wykazują z jednej strony sprawne utrzymywanie równowagi w pozycji stojącej przez osoby pomiędzy 15 a 65 r. ż., a z drugiej zmienny i zróżnicowany obszar stabilności nawet wśród osób młodych. Ponadto oceniany niewielki udział wzroku w kontroli postawy dzieci 3-7-letnich, manifestują się nieistotnym wpływem na wielkość parametrów posturograficznych, wymaga dalszej obserwacji. Na przestrzeni wielu lat podejmowano liczne próby określenia norm dla parametrów posturograficznych. Poważną przeszkodą w ich określeniu okazało się praktycznie niewystępowanie w populacji osób bez wad postawy i dysfunkcji w narządzie ruchu, które wpływają na wynik badania posturograficznego. Zawężenie badanej grupy zmniejsza szansę na określenie „normy”, natomiast rozszerzenie powoduje znaczny rozrzut badanych cech [18-20]. Wątpliwości wynikające z opublikowanych wyników badań stają się podstawą do kontynuowania badań posturograficznych u osób w różnym wieku i znajdują uzasadnienie podjęcia problemu badawczego.

Autorzy niniejszej pracy chcą zwrócić szczególną uwagę na cechy stabilności ciała osób płci żeńskiej pomiędzy 8 a 22 rokiem życia (podzielonych na trzy grupy wiekowe), oceniając wielkość obszaru oscylacji COP (pole powierzchni stabilogramu) oraz tendencję przemieszczeń COP (wskaźnik oscylacji COP) w poszczególnych płaszczyznach, występujących w zjawisku kołysania postawy ciała.

Cel pracy

Celem pracy jest ocena stabilności posturalnej dzieci, młodzieży i osób dorosłych (płci żeńskiej) na podstawie wielkości parametrów i wskaźników posturograficznych.

as its significantly greater height in comparison with the surface contribute to the fact that standing posture is only conditionally stable and maintaining its as such requires constant and effective control and neuro-muscular coordination [3]. The ability to self-regulate is an important characteristic of the mechanism of control of the body balance as a closed system. All the processes take place with using feedback by controlling the course of movement and correcting it according to the differences between the desired and the actual state [4]. That system is based on a number of reactions elaborated during phylogenetic development and acquired in ontogenesis while learning and remembering motor actions [5, 6].

Era et al. claim that the differences between various age groups are noticeable already in young people [7]. Lebedowska and Syczewska underline a significant increase of the values of all measures of postural stability in children which is connected with not yet fully developed balance mechanism [8]. According to Błaszczyk in 3-7 years old children their vision slightly influences the parameters of postural stability which proves that children lack the ability to use their vision in balance control since their coordination is still developing. Moreover, great dispersion of those parameters indicates that reactions of the balance system are dynamic and irregular [9].

Between the age of 15 and 65 the parameters characterising postural stability are least diversified and the differences are insignificant [9]. In the elderly whose nervous system gradually deteriorates [10, 11] postural stability deteriorates significantly after closing their eyes [10] what is confirmed by numerous researches carried out in that age group [2, 11-13]. Maintaining body balance in standing position in elderly people is hindered also due to deterioration of vision and proprioception, decreased muscle strength and elongated time of reacting to destabilising stimuli [2, 10]. An increased risk of falls in the elderly is a consequence of the those processes [2, 14-17].

The results of the aforementioned researches evaluating body stability indicate effective balance control in standing position in people between the age of 15 and 65 on the one hand, yet on the other hand variable and diversified stability even in young people. Moreover, the evaluated minor contribution in postural control in 3 to 7 years old children manifesting itself by insignificant influence on the values of the posturographic parameters requires further observation. Over the last years there have been several attempts to define the norms for the posturographic parameters. A serious obstacle in successfully performing that task is the fact that there are practically no individuals without postural defects and dysfunctions of the motor system which in turn affect the results of the posturographic examinations. When the examined group is too small it is harder to establish the norm, yet when the group is too large it results in significant dispersion of the examined parameters [18-20]. The doubts resulting from the published research results are the basis for continuation of the posturographic examinations in various age groups and justify undertaking a research problem.

The authors of this research would like to focus on the characteristics of postural stability of women between the age of 8 and 22 (divided into three age groups) and to evaluate the volume of oscillation of COP area (centre of foot pressure) and a tendency for shifting of COP (COP oscillation index) in particular planes occurring while swaying of the body position.

Aims

The aim of the study was to evaluate postural stability in children, youths and adults (females) on the basis of the values of parameters and posturographic indexes.

Pytania badawcze:

1. Jak kształtuje się stabilność ciała w pozycji stojącej na podstawie oceny wielkości pola powierzchni stabilogramu w badanych grupach wieku?
2. Jaki wpływ na stabilność ciała ma wyłączenie kontroli wzrokowej na podstawie oceny wielkości pola powierzchni stabilogramu w badanych grupach?
3. Czy normalizacja wychwiał oceniana tendencją oscylacji COP w płaszczyźnie czołowej oraz strzałkowej zmienia się między 8 a 22 rokiem życia?

Materiał badań

W badaniach wzięło udział 106 osób płci żeńskiej: 49 osób w wieku 8 lat, 25 osób 15-16-letnich (śr. 15,92; SD 0,27) oraz 32 osoby 20-22-letnie (śr. 21,4; SD 0,71).

Metoda badań

Badanie stabilności ciała wykonano systemem POSTUROGRAF firmy Pro-Med, który przeznaczony jest do oceny sposobu utrzymywania równowagi w pozycji stojącej metodą rejestracji wychwiał postawy (ang. postural sway), opartą na pomiarze sił wywieranych na podłożu (ang. force-plate posturography). Ocenie poddano wyniki badań wykonane przy oczach otwartych oraz zamkniętych.

Z obrazu przemieszczeń COP w dwuwymiarowej płaszczyźnie podparcia wybrano pole powierzchni stabilogramu [mm²] oraz długość całkowitą stabilogramu [mm]. Natomiast wychwiania w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej scharakteryzowano długością stabilogramu ruchu Lewo-Prawo [L-P] oraz długością stabilogramu ruchu Przód-Tył [P-T] [mm].

Udział procentowy przemieszczeń COP w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej obliczono wg wzoru zaproponowanego przez Małgorzatę Mraz i nazwano wskaźnikiem COP (2007):

$$[WCOP = 100 \times \frac{D\text{ł P-T} - D\text{ł L-P}}{D\text{ł P-T} + D\text{ł L-P}}]$$

WCOP – wskaźnik COP [%],

Dł P-T – długość stabilogramu P-T (płaszczyzna strzałkowa),

Dł L-P – długość stabilogramu L-P (płaszczyzna czołowa).

Obliczenie wskaźnika COP umożliwia określenie wyboru strategii stabilności ciała podczas utrzymywania równowagi w pozycji stojącej, przy założeniu że:

WCOP = 0 – brak dominacji przemieszczeń COP w płaszczyznach;

WCOP > 0 – dominacja przemieszczeń COP w płaszczyźnie strzałkowej;

WCOP < 0 – dominacja przemieszczeń COP w płaszczyźnie czołowej [18].

Podczas utrzymywania równowagi w pozycji stojącej obserwuje się więcej ruchów COP w płaszczyźnie strzałkowej niż w płaszczyźnie czołowej, co określa się jako normalizację wychwiał postawy ciała [9]. Dlatego też zaproponowany wskaźnik oscylacji COP może okazać się pomocny w ocenie normalizacji wychwiał postawy.

Analiza statystyczna

Wyniki opracowano statystycznie przy użyciu pakietu obliczeniowego STATISTICA 8.0 PL firmy Statsoft. Wybrane zmienne stabilności ciała nie mają rozkładu normalnego, dlatego w analizie statystycznej wykorzystane zostały statystyki nieparametryczne. Zastosowano testy ANOVA Kruskala-Wallisa oraz test mediany. Współczynnik korelacji rang Spearmana użyto do określenia siły korelacji między

The research questions:

1. What is postural stability in standing position on the basis of evaluation of the area of stabilogram's surface in the examined age groups?
2. What influence has excluding visual control on postural stability on the basis of evaluation of the area of stabilogram's surface in the examined groups?
3. Does normalisation of sways evaluated by means of the tendency of COP oscillation in the frontal and sagittal plane change between the age of 8 and 22?

Material

The research group consisted of 106 females: 49 at the age of 8, 25 at the age of 15-16 (mean age 15.92, SD 0.27) and 32 at the age of 20-22 (mean age 21.4, SD 0.71).

Method

The evaluation of postural stability was carried out by means of POSTUROGRAF system by Pro-Med which is used for assessing the way of maintaining balance in standing position by recording postural sways based on force-plate posturography. The examination was carried out with eyes closed and open and the results were evaluated.

From the image of the COP sways in the two-dimensional support surface the stabilogram's surface [mm²] and the total length of the stabilogram were chosen [mm]. The sways in the frontal and sagittal plane were characterised by the length of the stabilogram of the Left - Right movement [L-R] and Forward-Backward movement [F-B] [mm].

The percentage of the COP sways in the sagittal and frontal plane was calculated according to the formula proposed by Małgorzata Mraz and named the COP index (2007):

WCOP – COP index [%],

Dł P-T – length of F-B stabilogram (the sagittal plane),

Dł L-P – length of L-R stabilogram L-P (the frontal plane).

Calculating of the COP index makes it possible to choose the strategy of postural stability while maintaining body balance in standing position, assuming that:

WCOP = 0 – no dominance of COP sways in the planes; WCOP > 0 – dominance of COP sways in the sagittal plane;

WCOP < 0 – dominance of COP sways in the frontal plane [18].

While maintaining balance in standing position more sways of COP are observed in the sagittal plane than in the frontal plane which is described as normalisation of postural sways [9]. Therefore the proposed COP oscillation index may prove to be helpful in evaluating of the normalisation of postural sways.

Statistical analysis

The results were subjected to a statistical analysis by means of STATISTICA 8.0 PL software by Statsoft.

The chosen variables of postural stability do not have normal distribution, therefore for the statistical analysis non-parametric statistics were used. The ANOVA test of Kruskal-Wallis and the median test were applied. The Spearman's rank correlation coefficient was used in order to determine

zmiennymi mającymi wpływ na wychwiania w płaszczyźnie dwuwymiarowej. Do opisu siły korelacji użyto skali wg Stanisza [19].

Wyniki i ich omówienie

Ocenę stabilności posturalnej dziewcząt 8-22-letnich oraz jej zmiany przeprowadzono na podstawie analizy wybranych parametrów, tj. wielkości pola powierzchni stabilogramu oraz długości całkowitej stabilogramu z badania przy oczach otwartych i zamkniętych oraz na podstawie wskaźników oscylacji COP.

Podczas utrzymywania równowagi ciała w pozycji stojącej przy oczach otwartych zaobserwowano największe wartości pól powierzchni stabilogramu u dziewczynek 8-letnich. Stabilność posturalną dziewcząt 15-16-letnich oraz 20-22-letnich kobiet cechuje istotnie zmniejszony obszar oscylacji COP (ryc. 1). Obserwacje te dotyczą również długości całkowitej stabilogramu, gdzie największe wartości uzyskiwały również najmłodsze dziewczynki. U pozostałych badanych osób zarejestrowano istotnie mniejsze oba parametry (ryc. 2). Wynik ten świadczy o najsłabszej równowadze w pozycji stojącej 8-letnich dziewczynek i jednocześnie o sprecyzowaniu się funkcji równowagi ciała w procesach stabilności u dziewcząt 15-16-letnich oraz u 20-22-letnich kobiet.

Podczas utrzymywania równowagi ciała w pozycji stojącej przy oczach zamkniętych stabilność ciała badanych osób zachowuje podobne cechy jak przy oczach otwartych przy jednocześnie większych wartościach ocenianych parametrów. We wszystkich grupach wyłączenie kontroli wzrokowej miało negatywny wpływ na stabilność ciała, co manifestowało się istotnym wzrostem wielkości pól powierzchni stabilogramu oraz długości całkowitej stabilogramu (ryc. 1, 2).

Przeprowadzona analiza międzygrupowa wykazała brak różnic statystycznie istotnych w wielkościach ocenianych parametrów między dziewczętami 15-16-letnimi a 20-22-letnimi kobietami. W grupach tych wielkość pól powierzchni stabilogramu oraz długość całkowita stabilogramu kształtują się na podobnym poziomie. Wynik ten może świadczyć o dobrej kontroli postawy u osób płci żeńskiej pomiędzy 15 a 22 rokiem życia. Brak różnicy statystycznie istotnej w obrazie stabilności ciała między młodzieżą a młodymi kobietami sugeruje, że równowaga ciała u 15-latek wykazuje już cechy precyzyjnej i dojrzałej kontroli postawy.

the force of correlation between the variables affecting the sways in the two-dimensional plane. The scale according to Stanisza [19] was used for describing the correlation force.

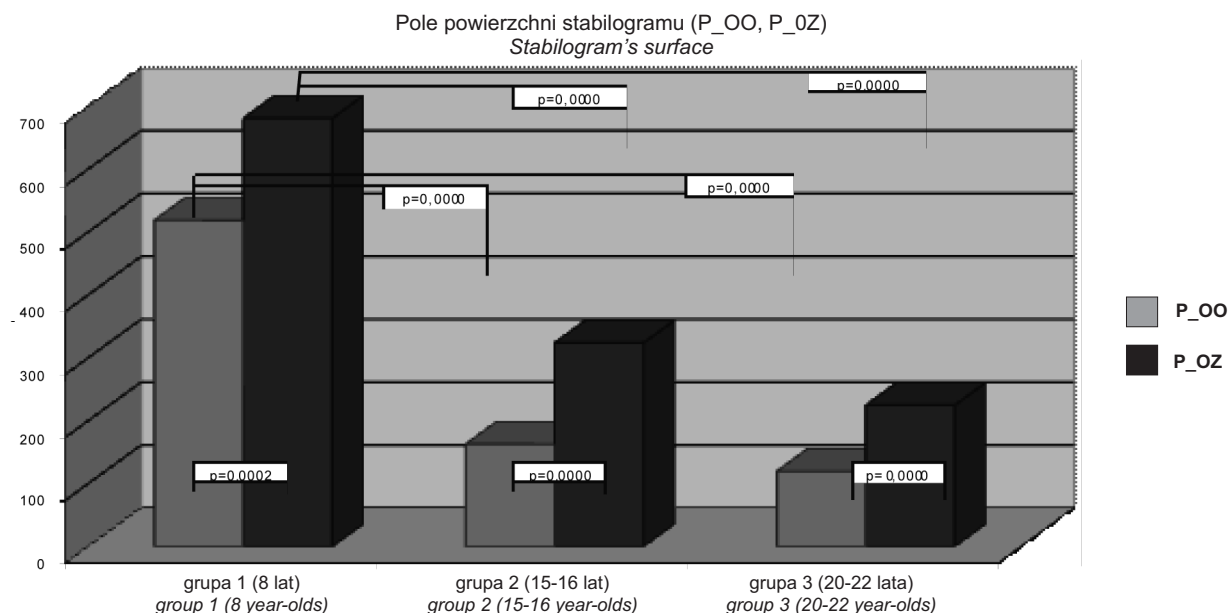
Results

The evaluation of postural stability in the group of women aged 8 to 22 and its changes were carried out on the basis of an analysis of chosen parameters: the size of stabilogram's surface, total length of the stabilogram from the examinations with eyes open and closed as well as the COP oscillation index values.

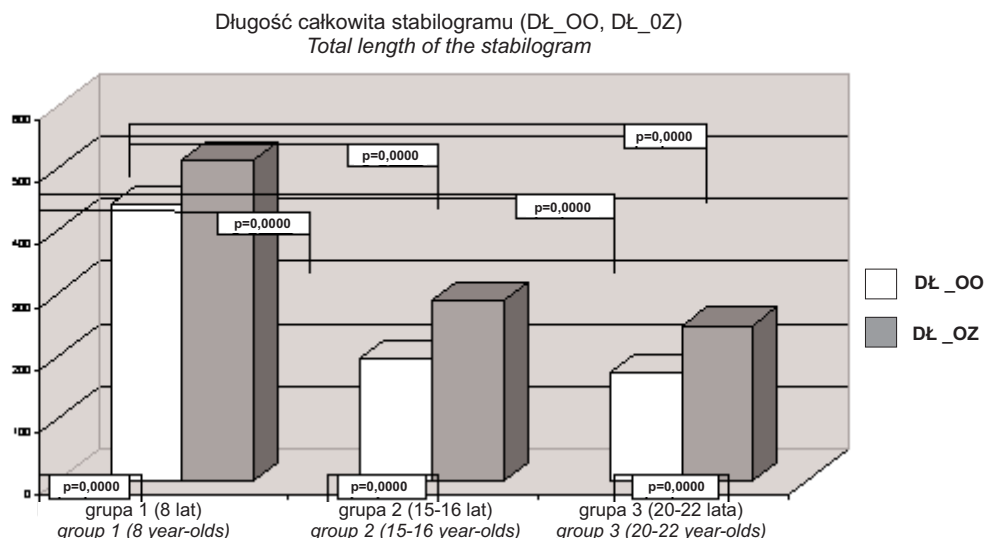
The highest values of the stabilogram's surface were observed in the group of 8 years old girls while maintaining body balance in standing position with eyes open. The postural stability of 15-16 girls as well as of 20-22 years old women is characterised by significantly reduced values of the COP oscillations (Fig. 1). These observations also concern the total length of the stabilogram where the highest values were also found in the youngest girls. In the rest of the examined women both of those parameters were significantly decreased (Fig. 2). That result indicates that the poorest balance in standing position was in the group of 8 years old girls and at the same time that body balance becomes more precise in the group of 15-16 years old girls and of 20-22 years old women.

While maintaining body balance in standing position with eyes closed, the postural stability of the examined has similar characteristics as with eyes open only with higher values of the examined parameters. In all the age groups the lack of visual control negatively influenced postural stability, which manifested itself by a significant increase of the sizes of the stabilogram's surfaces and its total length (Fig. 1, 2).

The carried out analysis between the groups revealed no statistically significant differences in the values of the examined parameters between the group of 15-16 years old girls and the group of 20-22 years old women. In those groups the size of the stabilogram's surfaces and its total length were at a similar level. Such a result may indicate good postural control in girls between the age of 15 and 22. The lack of statistically significant differences in postural stability in youths and young women suggests that body balance in 15 year-olds already shows the characteristics of precise and mature postural control.



Ryc. 1. Porównanie wartości średnich pól powierzchni stabilogramu w badanych grupach
Fig. 1 Comparison of mean values of the stabilogram surface area in the examined groups



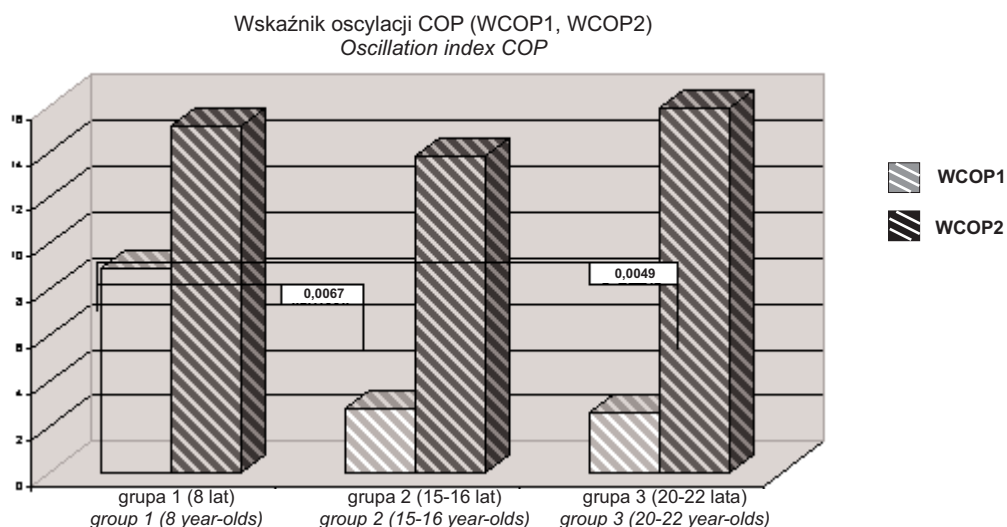
Ryc. 2. Porównanie wartości średnich długości całkowitej stabilogramu w badanych grupach
 Fig. 2. Comparison of mean values of the stabilogram total length in the examined groups

Uzyskane przez autorów wyniki potwierdzają wcześniejsze obserwacje wielu badaczy [8-10]. Dlatego autorzy poddali dalszej analizie udział procentowy przemieszczeń COP w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej. Ocena zmian wskaźników oscylacji COP oraz ocena związku wielkości tych wskaźników z długością stabilogramu w obu płaszczyznach stanowi próbę uściślenia właściwości, które charakteryzują stabilność posturalną osób pomiędzy 8 a 22 rokiem życia.

Wyniki badań posturograficznych dzieci 8-letnich wykazujące wzrost obserwowanych parametrów w porównaniu z młodzieżą i osobami dorosłymi miały wpływ na wielkość wskaźnika oscylacji COP. Wskaźnik ten, również okazał się najwyższy w najmłodszej grupie badanych osób (ryc. 3). Jego istotny wzrost u dziewczynek 8-letnich uzyskano podczas utrzymywania równowagi w stanie przy oczach otwartych. Natomiast w badaniu przy oczach zamkniętych nie stwierdzono różnic statystycznie istotnych w wartościach WCOP między porównywanymi grupami. Wartości średnie WCOP wykazały w każdej grupie występowanie dominacji płaszczyzny strzałkowej w oscylacji COP. Uzyskany wynik pozwolił przeprowadzić ocenę związku między WCOP a długością stabilogramu w płaszczyźnie strzałkowej oraz czołowej z badania stabilności ciała przy oczach otwartych.

The obtained results confirm earlier observations of many researchers [8-10]. Therefore the authors subjected the percentage of the COP sways in the sagittal and frontal plane to an analysis. Evaluation of the changes of the COP oscillation changes and of the correlation of those parameters with the stabilogram's length in both planes is an attempt at specifying the characteristics of postural stability in people between the age of 8 and 22.

The results of the posturographic examinations in the group of 8 years old girls indicating an increase of the values of the examined parameters in comparison with youths and adults affected the values of the COP oscillation index. That index also proved the highest in the youngest examined group (Fig. 3). Its significant increase in the group of 8 year old girls was achieved while maintain body balance with open eyes, yet during the test with eyes closed no statistically significant differences of the WCOP values between the examined groups were observed. Average values of the WCOP indicated that in each group the sagittal plane dominated in the COP oscillation. The obtained result allowed evaluating the correlation between the WCOP and the stabilogram's length in the sagittal and frontal plane based on the test with eyes open. During postural sways there are more COP movements in the sagittal plane than in the



Ryc. 3. Porównanie wartości średnich wskaźnika oscylacji COP w badanych grupach
 Fig. 3. Comparison of mean values of the oscillation index COP in the examined groups

W zjawisku kołysania postawy, obserwuje się więcej ruchów COP w płaszczyźnie strzałkowej niż w płaszczyźnie czołowej, co określa się jako normalizację wychwiał postawy ciała [9]. Stąd badany związek może sugerować normalizację wychwiał postawy lub jej brak.

Poddany analizie związek między WCOP a długością stabilogramu w płaszczyźnie strzałkowej i osobno czołowej, wykazał korelacje statystycznie istotne.

W grupie 1 zaobserwowano związek statystycznie istotny między WCOP a długością stabilogramu w płaszczyźnie czołowej ($p = 0,0004$) oraz między WCOP a długością stabilogramu w płaszczyźnie strzałkowej ($p = 0,0220$). W obu przypadkach związek jest przeciętny. U dziewczynek 8-letnich obserwuje się istotny wpływ długości stabilogramu w obu płaszczyznach na wzrost wskaźnika WCOP. Wzrasta on zarówno przy wzroście długości stabilogramu w płaszczyźnie strzałkowej ($r = 0,33$), jak przy zmniejszaniu się długości stabilogramu w płaszczyźnie czołowej ($r = -0,49$).

W grupie 2 wykazano przeciętny związek statystycznie istotny między WCOP a długością stabilogramu w płaszczyźnie strzałkowej ($p = 0,0161$). U dziewcząt 15-16-letnich wskaźnik WCOP wzrasta przy wzroście długości stabilogramu w płaszczyźnie strzałkowej ($r = 0,48$).

W grupie 3 wykazano bardzo wysoką korelację statystycznie istotną między WCOP a długością stabilogramu w płaszczyźnie czołowej ($p = 0,0000$). U 20-22-letnich kobiet wskaźnik wzrasta przy zmniejszaniu się długości stabilogramu w płaszczyźnie czołowej ($r = -0,76$), (ryc. 4, 5).

U dziewczynek 8-letnich oraz młodzieży 15-16-letniej oceniany związek nie wykazuje w pełni cech normalizacji wychwiał ciała w stanie swobodnym. Uzyskane w badaniu posturograficznym wielkości parametrów oraz oceniona tendencja oscylacji COP w dwuwymiarowej płaszczyźnie podparcia mogą sugerować precyzowanie się kontroli postawy i jeszcze trwające dojrzewanie układu równowagi w tym wieku. Natomiast u 20-22-letnich kobiet oceniany związek wykazujący wzrost WCOP przy zmniejszaniu się długości stabilogramu w płaszczyźnie czołowej, obrazuje normalizację wychwiał ciała w procesie utrzymywania równowagi w pozycji stojącej i dobrą stabilność posturalną.

frontal plane which may be described as normalisation of postural sways [9]. Therefore the examined correlation may indicate normalisation of postural sways or the lack of it.

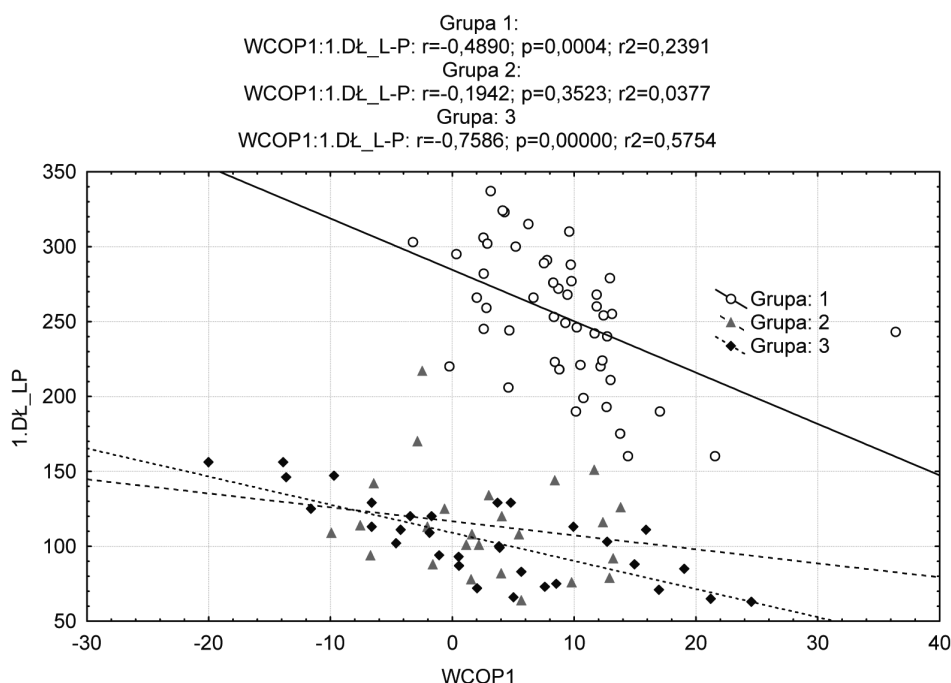
The analysed correlation between the WCOP and the stabilogram's length in the sagittal plane and then separately in the frontal plane revealed statistically significant correlations.

In group 1 there was a statistically significant correlation between the WCOP and the stabilogram's length in the frontal plane ($p = 0.0004$) and between the WCOP and the stabilogram's length in the sagittal plane ($p = 0.0220$). In both cases the correlation was average. In the group of 8 years old girls the stabilogram's length significantly influenced the WCOP index in both planes. The index increased along with increasing of the stabilogram's length in the sagittal plane ($r = 0.33$) and with decreasing of the stabilogram's length in the frontal plane ($r = -0.49$).

In group 2 there was an averagely statistically significant correlation between the WCOP and the stabilogram's length in the sagittal plane ($p = 0.0161$). In the group of 15-16 years old girls the WCOP index increased along with increasing of the stabilogram's length in the sagittal plane ($r = 0.48$).

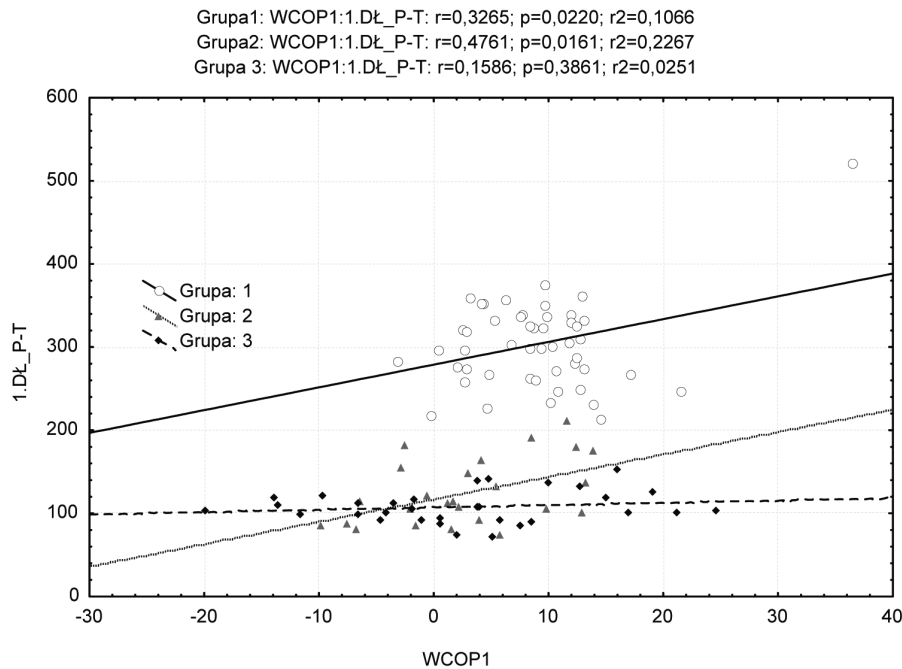
In group 3 there was a statistically significant correlation between the WCOP and the stabilogram's length in the frontal plane ($p = 0.0000$). In the group of 20-22 years old women the WCOP index increased along with decreasing of the stabilogram's length in the frontal plane ($r = -0.76$) (Fig. 4, 5).

In the group of 8 years old girls and 15-16 years old girls the examined correlation does not fully show characteristics of the normalisation of postural sways in free standing position. The parameters obtained in the posturographic examination and the evaluated tendency of the COP oscillation in the two-dimensional support plane may suggest specifying of postural control and not yet finished maturation of the balance system at that age. However, in the group of 20-22 years old women the examined correlation showing an increase of the WCOP along with decreasing of the stabilogram's length in the frontal plane, reflects the normalisation of postural sways in the process of maintaining postural control in standing position and good postural stability.



Ryc. 4. Obraz związku WCOP z długością stabilogramu w płaszczyźnie czołowej w badanych grupach

Fig. 4. The image of the correlation between WCOP and the length of stabilogram in the frontal plane in the examined groups



Ryc. 5. Obraz związku WCOP z długością stabilogramu w płaszczyźnie strzałkowej w badanych grupach
 Fig. 5 The image of the correlation between WCOP and length of stabilogram in the sagittal plane in the examined groups

Dyskusja

Wielkość powierzchni przemieszczeń COP, wg Czochońskiej [20], jest miarą obszaru stabilności ciała, który ulega zmianie w zależności od warunków utrzymywania równowagi. Zmniejszanie się tego obszaru świadczy o zmniejszeniu się zakresu ruchów w obrębie stawów skokowych, związanych z przemieszczaniem się punktu nacisku stopami na podłoże w odpowiedzi na wychylenia ciała. W rozwoju osobniczym, z upływem lat, reakcje posturalne stają się bardziej adekwatne do sytuacji i bardziej ekonomiczne, a przejawem tego jest zmniejszanie się obszaru przemieszczeń COP [20]. Sheldon wykazał, większe przemieszczenia COP u osób w wieku 6-14 lat w porównaniu z osobami starszymi, tj. 15-49 lat [21]. W badaniach własnych wykazano podobną zależność między wielkością pola powierzchni stabilogramu a wiekiem badanych osób. Największe wartości pola powierzchni stabilogramu oraz długości całkowitej stabilogramu uzyskano u dziewczynek 8-letnich. Równocześnie wykazano porównywalną stabilność posturalną młodzieży 15-16-letniej oraz kobiet w wieku 20-22 lat, u których wartości obu ocenianych parametrów nie wykazały istotnych różnic.

Wielu autorów uważa, że wiek 7 lat jest u człowieka krytyczny w rozwoju posturalnym [22-24]. Natomiast Wolański [25] oraz Roncesvalles i wsp. [26] przedłużają okres dojrzewania kontroli postawy do 8-9 roku życia. Oprócz tych prac są i takie, w których stabilność posturalną dzieci 7-letnich porównuje się z poziomem stabilności ciała osób dorosłych [27]. Mimo iż w tym wieku wykazano zachodzące zmiany rozwojowe czuciowego sprzężenia zwrotnego oraz kontroli szybkości ruchów posturalnych [25, 27], to z badań Bawa wynika, że przed 7 rokiem życia nie pojawia się funkcjonowanie pętli odruchu proprioceptywnego, przyczyniające się do stabilizacji postawy [28].

Wyniki badań stabilności posturalnej wykazują szczególną rolę wzroku w prawidłowym utrzymywaniu równowagi [2, 10]. Peterson i wsp. dowiedli, że dzieci młodsze niż 12-letnie nie potrafią w pełni wykorzystać bodźców wzrokowych i przedsionkowych w kontroli postawy [29]. Co więcej, Steindl i wsp. stwierdzili, że brak jest integracji bodźców z narządu wzroku i przedsionka podczas utrzymywania pionowej postawy ciała aż do 15-16 roku życia [30]. W niniej-

Discussion

The size of the surfaces of the COP oscillations according to Czochońska [20] is a measure of the area of stability of the body, which changes depending on the conditions of maintaining balance. Decreasing of that area indicates decreasing of the motion range in the tarsal joints which is related with shifting of the pressure point of feet on the surface in response to body sways. During individual development, along with time passage, postural reactions become more suitable for a given situation and more efficient, which is manifested by reduction of the area of the COP oscillation [20]. Sheldon showed greater shifting of COP in a group of 6-14 years old children in comparison with older people, that is a group of 15-49 years old subjects [21]. The research results revealed a similar dependency between the size of the stabilogram's surface and the age of the examined. The greatest values of the stabilogram's surface and its total length were obtained in the group of 8 years old girls. At the same time comparable postural stability was observed between 15-16 years old girls and 20-22 years old women where the values of both examined parameters showed no significant differences.

Many researchers believe that the age of 7 is a critical time in postural development [22 -24]. However, Wolański [25] and Roncesvalles et al. [26] claim the period of postural development is even longer, until the age of 8-9. There are also such studies, which compare postural stability of 7 year-olds with adults [27]. Despite, the revealed developmental changes of sensory feedback and control of speed of postural movements taking place at that age, the research of Bawa shows that before the age of 7 there is no functioning of the proprioceptive reflex loop contributing to stabilisation of posture [28].

The examination results of postural stability show a special role played by vision in maintaining balance [2, 10]. Peterson et al. proved that children who are younger than 12 cannot fully use visual and vestibular stimuli in postural control [29]. Moreover, Steindl et al. claim that the integration of the visual and vestibular stimuli while maintaining vertical body position does not occur until the age of 15-16 [30].

szej pracy wykazano istotny wzrost ocenianych parametrów posturograficznych po zamknięciu oczu u wszystkich badanych osób.

Okres stosunkowo stabilny to wiek pomiędzy 15 a 65 rokiem życia. Rozrzut COP jest wówczas najmniejszy, a jego zmiany niewielkie [21, 30]. W badaniach własnych wykazano brak różnic statystycznie istotnych w wielkościach ocenianych parametrów między młodzieżą 15-16-letnią a 20-22-letnimi kobietami. Stabilność ciała u piętnastolatek wykazuje już cechy precyzyjnej i dojrzałej kontroli postawy.

W rejestracji przemieszczeń COP w dwuwymiarowej płaszczyźnie ruchu, zauważa się dominację płaszczyzny strzałkowej we wszystkich grupach wieku [7, 31]. Rezultaty prezentowanych w pracy badań wykazują tę dominację przemieszczeń COP. Jednocześnie wykazano u badanych kobiet zróżnicowanie związku między wielkością wskaźnika oscylacji COP a długością stabilogramu w płaszczyźnie strzałkowej oraz czołowej. A oceniany związek wykazał normalizację wychwiał ciała u 20-22-letnich kobiet.

Wnioski

1. Wyższe wartości miar posturograficznych u dziewczynek 8-letnich mogą świadczyć o nie w pełni dojrzałym układzie równowagi i mało precyzyjnej kontroli postawy ciała w tym wieku.
2. Osoby płci żeńskiej pomiędzy 15 a 22 rokiem życia charakteryzują się dobrą kontrolą postawy ciała podczas utrzymywania równowagi w pozycji stojącej przy oczach otwartych oraz przy oczach zamkniętych.
3. U dziewczynek 8-letnich oraz u młodzieży 15-16-letniej normalizacja wychwiał jest w trakcie precyzowania się.
4. Normalizacja wychwiał postawy ciała oraz dobra stabilność posturalna występuje u 20-22-letnich kobiet.

Piśmiennictwo References

- [1] Błaszczyk J. W. *Biomechanika kliniczna*. PZWL, Warszawa 2004.
- [2] Hobeika C. P. *Equilibrium and Balance in the elderly*. Ear, Nose and Throat Journal, 1999, 78, 558-566.
- [3] Nashner L. M., Igarashi F. O., Black M. (red.) *Strategies of organization of human posture*, [w:] *Vestibular and visual control on posture and locomotor equilibrium*. 7th International Symposium of the International Society of Posturography, Houston 1983, 1-8.
- [4] Morecki A. i wsp. *Bionika ruchu*. PWN, Warszawa 1971.
- [5] Grochmal S., Zielińska-Charszewska S. *Rehabilitacja w chorobach układu nerwowego*. PZWL, Warszawa 1986.
- [6] Iwankiewicz S. i wsp. *Sterowanie postawą i równowagą*, [w:] M. Nałęcz (red.) *Problemy biocybernetyki inżynierii biomedycznej. Biosystemy. t. 1*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1991.
- [7] Era P., Sainio P., Koskinen S., Haavisto P., Vaara M., Aromaa A. *Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over*. Gerontology 2006, 52, 204-213.
- [8] Lebedowska M. K., Syczewska M. *Invariant sway properties in children*. Gait Posture, 2000, 12, 200-204.
- [9] Błaszczyk J. W. *Kontrola stabilności postawy*. Kosmos, 1993, 42, 473-486.
- [10] Lord S. R., Menz H.B. *Visual contributions to postural stability in older adults*. Gerontology, 2000, 46, 306-310.
- [11] Melzer I., Benjuya N. i wsp. *Age-related changes of postural control: effect of cognitive tasks*. Gerontology, 2001, 47, 189-194.
- [12] Błaszczyk J. W., Lowe D. L., Hansen P. D. *Ranges of postural stability and their changes in the elderly*. Gait Posture, 1994, 2, 11-17.
- [13] Błaszczyk J. W., Lowe D. L., Hansen P. D. *Age-related differences in performance of stereotype arm movements: movement and posture interaction*. Acta Neurobiologia Experimentalis, 1997, 57, 49-57.
- [14] Tinetti M. E., Richman D., Powell L. *Falls efficacy as a measure of fear of falling*. Journal of Gerontology: Biological, Psychological Sciences and Social Sciences, 1990, 45, 239-243.
- [15] Speechley M., Tinetti M. E. *Assessment of risk and prevention of falls among elderly persons: role of the physiotherapist*. Physiotherapy Canada, 1990, 42, 75-78.
- [16] Fichman M. *Falling Down- Multiple Sclerosis, Proprioception and Reafferent Feedback*. Biology, 2004, 202.
- [17] Kuczyński M., Ostrowska B. *Understanding falls in osteoporosis: the viscoelastic modeling perspective*. Gait Posture, 2006, 23, 1, 51-58.
- [18] Mraz M., Curzytek M., Mraz M., Gawron W., Czerwosch L., Skolimowski T. *Body balance in patients with systemic vertigo after rehabilitation exercise*. Journal of Physiology and Pharmacology, 2007, 58, 5, 427-436.
- [19] Stanisław A. *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny*. Statystyki podstawowe. Kraków 2006, Statsoft.
- [20] Czochońska J. *Neurologia Dziecięca*. PZWL, Warszawa.
- [21] Sheldon J. H. *Effect of age on control of sway*. Gerontology Clinical, 1963, 5, 129-138.

- [22] Dietz V. *Role of peripheral afferents and spinal reflexes in normal and impaired human locomotion*. *Revista de Neurologia*, 1987, 143, 241-254.
- [23] Grochmal S. *Zaufaj sobie*. PZWL, Warszawa 1987.
- [24] Figura F. i wsp. *Assessment of static balance in children*. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 1991, 2, 235-242.
- [25] Wolański N. *Rozwój biologiczny człowieka. Cz. 2*, PWN, Warszawa 1986.
- [26] Roncesvalles M. N., Schmitz C., Zedka M., Assaiante C., Woollacott M. *From egocentric to exocentric spatial orientation: development of posture control in bimanual and trunk inclination task*. *Journal of Motor Behavior*, 2005, 37, 404-416.
- [27] Riach C. L., Starkes J. L. *Stability limits of quiet standing postural control in children and adults*. *Gait & Posture*, 1993, 1, 105-112.
- [28] Bawa P. *Neural development in children – a neurophysiological study*. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1981, 52, 149-156.
- [29] Peterson M. L., Christiu E., Rosengren K. S. *Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12 years old*. *Gait & Posture*, 2006, 23, 455-463.
- [30] Steindl R., Kunz K., Schrott-Fischer A., Scholtz A. W. *Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control*. *Development Medicine & Child Neurology*, 2006, 48, 477-482.
- [31] Sikora A. *Analiza przebiegu stabilogramów różnicujących udział kończyn dolnych w procesie utrzymywania równowagi*. *Człowiek i Ruch/Human Movement*, 2001, 2, 51-54.

Adres do korespondencji:
Address for correspondence:

Małgorzata Mraz
Wydział Fizjoterapii AWF we Wrocławiu
Al. I. J. Paderewskiego 35
51-612 Wrocław
tel. (71) 347-30-47
malgorzata.mraz@awf.wroc.pl

Wpłynęło/Submitted: VI 2010
Zaakceptowano/Accepted: VI 2010